PCT/EP 0 1 / 0 2 9 2 1

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/980722

#2

EP01/2921

RECD 04 APR 2001
WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

EU

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:	100 12 751.7
Anmeldetag:	16. März 2000
Anmelder/Inhaber:	Carl Zeiss Jena GmbH, Jena/DE
Bezeichnung:	Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen
IPC:	H 02 N 2/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 5. März 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Sieck

A 9161
03/00

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTNER (G.b.R.)
European Patent Attorneys
MÜNCHEN – JENA

Büro München / *Munich Offices:* Perhamerstraße 31 · D-80687 München
Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · Telex: 5 218 915 gefe d · Telegramme: gefepat muenchen
Büro Jena / *Jena Offices:* Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (03641) 29150 · Telefax: (03641) 291521

CARL ZEISS JENA GmbH
(Anwaltsakte: Pat 1250/81-99)

16. März 2000
A/11/mh

CARL ZEISS JENA GMBH
Carl-Zeiss-Promenade 10
07745 Jena

* * *

Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen

* * *

Patentanwälte
GE[illegible], FEHNERS & PARTNER (G.b
European Patent Attorneys
MÜNCHEN - JENA

Büro München / *Munich Offices:* Perhamerstraße 31 · D-80687 München
Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · Telex: 5 218 915 gefe d · Telegramme: gefepat muenchen
Büro Jena / *Jena Offices:* Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (03641) 29150 · Telefax: (03641) 291521

CARL ZEISS JENA GmbH
(Pat 1250/81-99)

16. März 2000
A/11/mh

Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen

Die Erfindung bezieht sich auf eine Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen, wobei das zu verschiebende Element auf einer Unterlage längs einer vorgegebenen Richtung mittels einer piezoelektrischen Aktuatoranordnung bewegbar ist.

Verstellvorrichtungen, die zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen auf einer Unterlage längs einer vorgegebenen Richtung dienen, werden auf verschiedenen Gebieten, so z. B. bei optischen Geräten (zum Verschieben von Linsen oder von Blenden im Millimeterbereich oder in einem noch kleineren Verstellbereich) oder auch bei Präzisionsmeßgeräten zum Positionieren von Objekten mit Nanometer-Präzision eingesetzt.

Hierfür ist eine Vielzahl von Antriebsanordnungen bekannt, bei denen der Antrieb auf pneumatischem oder hydraulischem Weg oder elektromotorisch erfolgt. Als besonders geeignet haben sich jedoch Geräte erwiesen, bei denen mit einem piezoelektrischen Antrieb gearbeitet wird.

So ist aus der DE 36 10 540 C ein Mikromanipulator zur Mikrobewegung von Objekten bekannt, bei dem zur Erzeugung der Mikrobewegung aus piezoelektrischem Werkstoff bestehende Hohlzylinder eingesetzt werden, die sich unter Spannung verbiegen und auf diese Weise eine schrittweise Verschiebung des auf dem Hohlzylinder aufliegenden Objektes bewirken. Allerdings sind diese Objektbewegungen nicht reproduzierbar und lassen sich daher für bestimmt Anwendungen, z. B. in der Mikroskopie, nicht anwenden. Zudem werden mit dieser bekannten Anordnung auch nur relativ geringe Stellwege erreicht.

In der DE 40 23 311 A ist eine Verstellvorrichtung für Mikrobewegungen beschrieben, bei welcher der Antrieb mittels eines den Schereffekt nutzenden Piezowandlers erreicht wird, wobei die diesen Piezowandler umfassenden Antriebselemente nicht nur die Bewegung des gegen sie anliegenden

Objektes bewirken, sondern zusätzlich dieses auch noch in Bewegungsrichtung führen. Dabei wird das Objekt mittels einer Andrückeinrichtung mit einer vorgegebenen Kraft gegen das (Piezo-) Antriebselement angedrückt. Der Antrieb kann dabei in der Form erfolgen, daß der Piezowandler die Scherbewegung langsam ausführt und das aufliegende Objekt dabei mitnimmt, während die Rückstellbewegung des Piezowandlers unter Überwindung der Reibung zwischen diesen und dem Objekt rasch durchgeführt wird. Gleichermaßen kann aber auch der Piezowandler umgekehrt angesteuert werden, nämlich daß zunächst eine schnelle Scherbewegung (unter Überwindung der Reibung) ausgeführt wird, bei der sich das Objekt infolge seiner Trägheit nicht bewegt, wonach dann eine langsame Rückstellbewegung erfolgt, bei der das Objekt in dieser Rückstellrichtung mitgenommen wird. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, mit diesem bekannten Antrieb das Objekt nicht nur in einer Richtung, sondern auch in der Gegenrichtung zu bewegen. Dabei weisen die (Piezo-) Antriebselemente an ihrer Oberseite Auflagen auf, die mit Kugelsitzen für Kugeln versehen sind, wobei auf den Kugeln das bewegliche Objekt aufliegt. Nachteilig ist dabei, daß durch die Gleitreibung an den Kugelelementen Abtrieb entsteht, wodurch bei längerer Einsatzdauer die Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird. Auch ist die erzielbare Verstellgeschwindigkeit des Objektes relativ gering.

Schließlich ist aus der DE 691 25 974 T2 wie auch aus der US 5,225,941 A eine Antriebsvorrichtung für ein Objekt bekannt, das gleitend auf einer Stange geführt ist, die ihrerseits mit einem Piezoaktuator zu einer in ihrer Längsrichtung verlaufenden Expansion bzw. Kontraktion angeregt werden kann. Auch hier kann eine langsame Expansion und eine rasche Kontraktion der Stange durch eine geeignete Ansteuerung des Piezoaktuators erreicht werden mit der Folge, daß bei der langsamen Expansion das Objekt infolge der Reibkräfte mitgenommen wird, hingegen bei der raschen Kontraktion unter Überwindung der Reibkräfte das Objekt infolge seiner Massenträgheit am Platz verbleibt. Dadurch ist eine schrittweise Fortbewegung des Objektes in Längsrichtung möglich, wobei bei einer gegenläufigen Ansteuerung des Piezoelementes (zu einer raschen Expansion und einer langsamen Kontraktion) auch ein Antrieb in Gegenrichtung erfolgen kann. Der konstruktive Aufwand ist bei dieser bekannten Konstruktion jedoch vergleichsweise hoch und es muß eine Vielzahl von einzelnen Anordnungselementen vorgesehen werden. Zudem ist auch der Verstellbereich zwischen den beiden Lagerstellen der Verschiebestange im Hinblick auf größere Verstellwege relativ begrenzt.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, für optische Systeme oder für Meßsysteme eine verbesserte Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Element vorzuschlagen, die eine besonders rasche Verstellmöglichkeit über einen weiten Verstellweg bei stets größter Präzision gewährleistet und dabei preisgünstig herstellbar und einfach aufgebaut ist.

Erfindungsgemäß wird dies erreicht durch eine Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente von optischen Systemen oder von Meßsystemen, wobei das zu verschiebende Element

auf einer Unterlage längs einer vorgegebenen Richtung mittels einer piezoelektrischen Aktuatoranordnung bewegbar ist, die von dem Element getragen wird und derart ausgebildet sowie ansteuerbar ist, daß sie zur Ausführung einer schrittweisen Bewegung des Elementes auf der Unterlage Stoßimpulse auf dieses ausübt, wobei das Element in einem Körper, der einen offenen oder einen geschlossen Hohlquerschnitt aufweist, angebracht ist und sich an diesem an mindestens einer Stelle unter Zwischenschaltung einer vorgespannten Federeinrichtung reibschlüssig abstützt. Bevorzugt weist dabei der Körper einen U-förmigen Querschnitt oder einen kreisförmigen Hohlquerschnitt auf.

Bei der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung wird die piezoelektrische Aktuatoranordnung von dem zu verschiebenden Element selbst getragen und ist so ausgebildet und ansteuerbar, daß durch die piezoelektrischen Auslenkungen Stoßimpulse auf das Element selbst ausgeübt werden. Durch die aufgrund dieser Stoßimpulse an dem Element wirkenden Stoßkräfte kann dieses, wenn dabei die Reibung zwischen dem Element und seiner Unterlage überschritten wird, schrittweise in einer der Richtung der Stoßimpulse entsprechenden Richtung fortbewegt werden. Dadurch, daß der piezoelektrische Aktuator aber von dem Element selbst getragen wird, bedeutet dies, daß das Element alle Einrichtungen seines piezoelektrischen Antriebs selbst trägt, weshalb es im Grundsatz einen beliebig großen Verstellbereich hat. Denn solange der piezoelektrische Aktuator seine Stoßimpulse abgibt, solange kann grundsätzlich das Element in der betreffenden Richtung bewegt werden, so daß bei Einsatz der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung auch ein sehr großer Verstellweg ohne weiteres realisierbar ist.

Durch die reibschlüssige Abstützung des Körpers an mindestens einer Stelle seiner Unterlage unter Zwischenschaltung einer vorgespannten Federeinrichtung wird zunächst eine Reibkraft erzeugt, die im ausgestalteten Zustand der Aktuatoranordnung zu einer guten Lagefixierung des zu bewegenden Elementes dient und sicherstellt, daß eine einmal erreichte Lage sich nicht unerwünschterweise wieder ändert. Damit ist es auch möglich, mit der erfindungsgemäßen Verstellanordnung auch Verstellbewegungen in Richtung der oder unter einer Neigung zur Schwerkraft durchzuführen, somit z. B. zur Verstellung eines Elementes in einem senkrecht verlaufenden Rohr von unten nach oben (oder auch umgekehrt). Durch die Feder kann unschwer sichergestellt werden, daß das Element dann bei Erreichen einer bestimmten Verstellposition auch in dieser verbleibt, selbst wenn die Schwerkraft laufend wirkt, wobei dabei sowohl in aufsteigender, wie auch in absteigender Richtung gleich große Stellschritte erzielt werden können. Voraussetzung ist hier lediglich, daß die auftretende Reibkraft in jedem Fall größer ist als die maximale Lastkraft des Aktuators.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung weist das zu verschiebende Element eine Platte auf, deren Form dem Innenquerschnitt des Körpers im wesentlichen angepaßt ist und bei der die vorgespannte Federeinrichtung aus einem zumindest teilweise längs des Außenumfangs der Platte verlaufenden Streifen besteht, der seitlich, bevorzugt

über die Vorder- und die Rückseite der Platte vorstehende, im Abstand zueinander angebrachte Federzungen aufweist, die vom Streifen ausgehend in Richtung zu der zugeordneten Innenwand des Körpers schräg verlaufen und an dieser unter Federdruck anliegen. Besonders bevorzugt ist dabei auch noch eine weitere, parallel zu dem verschiebenden Element angeordnete zweite Platte vorgesehen, deren Form ebenfalls im wesentlichen der Innenform des Hohlquerschnitts des Körpers entspricht, die aber mit keiner Federeinrichtung versehen und mit dem zu verschiebenden Element über einen rohrförmigen Piezoaktuator verbunden ist.

Alternativ hierzu kann zwischen den beiden Platten anstelle des rohrförmigen Piezoaktuators aber auch vorgesehen werden, daß in der Nähe der beiden Seiten, an denen die Federzungen bei der einen Platte angebracht sind, jeweils ein sich parallel zur jeweiligen Seitenfläche des Körpers erstreckender piezoelektrischer Plattenaktuator mit einem seiner Enden befestigt ist, wobei die anderen Enden der beiden piezoelektrischen Plattenaktuatoren wiederum an der parallel zu dem zu verschiebenden Element angeordneten zweiten Platte befestigt sind.

Bei diesen Lösungen ergibt sich der Vorteil einer insgesamt besonders kleinen Baugröße, die eine Anwendung insbesondere für Zoom-Objektive in Stereomikroskopen zuläßt, wobei zudem eine recht einfache konstruktive Lösung vorliegt. Dabei ist der Trägheitskörper (nämlich das zu verschiebende Element) nur über den Piezoaktuator (Piezorohr oder die beiden Piezoplatten) mit der zweiten Platte verbunden und dient gleichzeitig der Aktuatorführung.

Bevorzugt weist dabei das Element in Form einer Platte und/oder die zweite Platte eine Aufnahme zur Halterung z. B. einer Linse auf und dient damit auch der Linsenfassung, so daß die Lage der Linse über die Verschiebung des Elementes entsprechend verschoben werden kann.

Eine ganz besonders bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung besteht auch darin, daß an dem zu verschiebenden Element, bevorzugt an dessen in der Verfahrrichtung vorn oder hinten liegenden Abschlußfläche, ein Meßkopf zum Abtasten eines Maßbandes, eines Strichcodes o. ä. angebracht ist, was wiederum eine sehr einfache konstruktive Lösung darstellt, die auch kostengünstig herstellbar ist.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung besteht darin, daß der Körper aus einer Platte gebildet ist, auf deren beiden Plattenflächen jeweils ein sich im wesentlichen senkrecht zur jeweiligen Plattenfläche angeordneter plattenförmiger Piezoaktuator befestigt ist, der bei Beaufschlagung mit seinem von der Platte vorstehenden Ende in der gewünschten Bewegungsrichtung der Platte auslenkbar ist. Vorzugsweise ist dabei an den freien Enden der beiden Plattenaktuatoren (deren jedes auf einer Seite des Körpers vorsteht) jeweils ein Massekörper befestigt, wobei, erneut bevorzugt, die beiden Plattenaktuatoren wie auch die an ihren freien Enden angebrachten Massekörper eine zur Längsmittelebene der Platte symmetrische Anordnung aufweisen. Dabei können vorzugsweise die beiden Piezoaktuatoren auch von einem

Plattenaktuator gebildet werden, der durch die Platte hindurchgeführt ist und auf beiden Seiten vorsteht.

Diese Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung erweisen sich als ganz besonders einfache, sehr preisgünstig und ohne weiteres auch in großen Stückzahlen herstellbare Konstruktion, mit der trotzdem sehr präzise und reproduzierbare Verstellbewegungen ohne Schwierigkeit durchführbar sind.

Bei einer weiteren, ganz besonders vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung ist das zu verschiebende Element im wesentlichen rohrförmig ausgebildet (es kann z. B. von einer Linsenanordnung gebildet sein), konzentrisch in dem ebenfalls im wesentlichen rohrförmigen Körper angeordnet und an seinem einen axialen Ende an einer radial vergrößerten Führungsscheibe befestigt, die sich unter Zwischenschaltung mindestens eines Federelementes radial auf der Innenfläche des rohrförmigen Körpers abstützt, wobei der piezoelektrische Aktuator hier als scheibenförmiger Piezoaktuator ausgebildet ist, der sich seinerseits unter Zwischenschaltung ebenfalls mindestens eines Federelementes radial auf der Innenfläche des rohrförmigen Körpers abstützt. Ganz besonders bevorzugt ist dabei der scheibenförmige Piezoaktuator auf seiner einen axialen Seite über ein elastisches rohrförmiges Koppelglied an das zu verschiebende Element angeschlossen, wobei er vorzugsweise auch noch auf seiner dem zu bewegenden Element axial gegenüberliegenden Seite eine konzentrisch an ihm angeordnete Masse trägt.

Diese Ausführungsform der Erfindung stellt bei einem sehr kleinen Aufwand eine hoch präzise, vorzügliche Verstellmöglichkeit für z. B. Linsensysteme dar, die durch ihren einfachen Aufbau und ihre hervorragende Wirksamkeit besticht.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung im Prinzip beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung;

Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung ähnlich der aus Fig. 1, hier jedoch gekoppelt mit einem Wegmeßsystem;

Fig. 3 eine (teilweise geschnittene) Ausführungsform einer weiteren erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung in Verbindung mit einem Wegmeßsystem;

Fig. 4 eine (teilweise geschnittene) Perspektivdarstellung einer noch anderen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung mit einem Wegmeßsystem;

Fig. 5. den Graph des Spannungsverlaufes der Anregespannung für die Piezoantrieb einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung bei sägezahnförmiger Spannungsänderung sowie den Graph der zugehörigen Auslenkung des Piezoelementes, jeweils über der Zeit, und

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung mit scheibenförmigen Piezoaktuatoren.

In Fig. 1 ist in schräger Perspektive eine Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung gezeigt. Dabei liegt auf einer Unterlage 1 ein zu verstellendes bzw. zu bewegendes Element 2 in Form einer Platte 2 auf.

Die Unterlage 1 ist dabei als eine ebene Unterlage ausgeführt, die eine Vertiefung 3 ausbildet, innerhalb derer das plattenförmige Element 2 liegt. Die Breite der Vertiefung 3 ist dabei so gewählt, daß die seitlichen Begrenzungswände der Vertiefung 3 als seitliche Führungswände für das plattenförmige Element 2 (unter Zwischenschaltung seitlicher Abstützfedern, vgl. weiter unten) dienen, das somit sowohl auf seiner Unterseite, wie auch an seinen beiden Seitenflächen von der Unterlage 1 in Form eines nach oben offenen Hohlquerschnitts umfaßt wird. Unter "*Hohlquerschnitt*" wird ein Querschnitt verstanden, der eine Abstützung des plattenförmigen Elementes 2 an mindestens drei Seiten desselben gewährleistet.

Das plattenförmige Element 2 soll in Längsrichtung der Vertiefung 3, nämlich in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung x bzw. in Gegenrichtung -x, bewegt werden.

Zu diesem Zweck ist, etwa in der Mitte des plattenförmigen Elementes 2 (in dessen Erstreckung in Bewegungsrichtung x gesehen) ein plattenförmiger Piezo-Biegeaktuator 4 vorgesehen, der durch das plattenförmige Element 2 hindurchläuft und beidseits desselben jeweils um eine gleichgroße Strecke *f* übersteht. An beiden überstehenden Enden ist jeweils eine Masse 5 bzw. 6 angebracht, die in der zeichnerischen Darstellung der Fig. 1 nur prinzipiell in Form eines über die Länge des betreffenden Endes sich erstreckenden zylindrischen Körpers dargestellt ist.

Dieser piezoelektrische Biege-Plattenaktuator (Piezoelement) 4 ist als piezoelektrischer Bieger, als sogenannter "*Bimorph*", dargestellt und weist eine Dicke e auf. Gleichermaßen könnte das Piezoelement 4 aber auch als Unimorph oder als Multimorph ausgebildet sein, wobei letzterer aus einer Mehrzahl von rechts- und linkspolarisierten Piezofolien besteht, die abwechselnd nebeneinander angeordnet sind und einen linken und einen rechten Folienstapel ausbilden, zwischen denen eine Isolierfolie angeordnet ist.

An das Piezoelement 4 wird, wie dies in Fig. 1 nur rein prinzipiell dargestellt ist, eine Spannung U_A angelegt, die in geeigneter Weise variiert wird, um den Piezoaktuator 4 auf beiden Seiten des

plattenförmigen Elementes 2 in der gewünschten Verstellrichtung laufend auszulenken (und ihn wieder in die Ausgangsstellung zurückzustellen). Dadurch kommt es zum laufenden Einwirken von Stoßimpulsen auf das plattenförmige Element 2, die infolge der dabei auf dieses ausgeübten Stoßkräfte unter Überwindung der Reibung zwischen dem plattenförmigen Element 2 und dem Boden 7 sowie den Seitenwänden der Vertiefung 3 zur Ausführung einer schrittweisen Bewegung des plattenförmigen Elementes 2 führen. Durch geeignete Spannungswahl kann dabei sowohl eine Bewegung in Richtung x, wie auch in der Gegenrichtung -x erreicht werden. Dabei beträgt allerdings der Stellschritt des Elementes 2 nur einen Bruchteil der Ausschwingweite des Piezoaktuators 4.

Der Piezoaktuator wird in Resonanz betrieben, je nach Typ mit Kurzfrequenzen im Bereich von 5 bis 50 kHz, wobei die Ansteuerspannungen 6 bis 40 V betragen. Die Schrittgröße bekannter Piezoaktuatoren liegt dabei bei 0,2 µm und ihre Stellgeschwindigkeit bei etwa 10mm/s. Bekannte Piezoaktuatoren, die hier einsetzbar sind, können Massen von bis zu maximal 100g (auch vertikal) bewegen.

Wie Fig. 1 zeigt, ist das plattenförmige Element 2 an seinen beiden Längsseiten mit seitlich vorstehenden Federelementen 8 versehen, mit denen es sich beidseits gegen die Seitenwände der Vertiefung 3 unter einer vorgegebenen Vorspannung abstützt. Bevorzugt eignen sich hierfür Federzungen aus Federstahl, die, in Bewegungsrichtung gesehen, relativ steif ausgebildet sind, sich aber senkrecht zur Bewegungsrichtung elastisch gut verformen lassen. Dabei ist die Vorspannung der Federzungen 8 im Einbauzustand so gewählt, daß die zwischen ihnen und den Seitenwänden der Vertiefung 3 sowie die am Boden der Vertiefung 3 mit dem plattenförmigen Element 2 auftretende Reibkraft insgesamt größer ist als das Lastgewicht des plattenförmigen Elementes 2 mit dem an ihm befestigten Piezoaktuator 4 und dessen Gewichten 5, 6, und zwar soviel größer, daß auch die bei einer Bewegung des Elementes 2 auftretende Reibung, die kleiner ist, immer noch das genannte Lastgewicht des Elementes 2 mit daran angebrachten Teilen übersteigt. Damit wird sichergestellt, daß bei Wegfall des Antriebs auch bei vertikaler Bewegung eine sichere Halbposition des Elementes 2 eintritt. Dadurch ist es möglich, das plattenförmige Element 2 auch z. B. in einer vertikalen oder fast vertikalen Richtung anzutreiben, wobei in diesem Fall dann allerdings eine entsprechende Ausbildung der Unterlage 1 vorliegen muß, die sicherstellt, daß das plattenförmige Element 2 nicht aus der offenen Seite der Vertiefung 3 herausfallen kann. Infolge der Federzungen bleibt dann auch bei z. B. vertikaler Bewegung des Elementes 2 bei Ausschalten des Antriebs dieses an der jeweils erreichten Stelle selbst unter der Einreichung der Schwerkraft stehen.

Die Ansteuerung des Piezoaktuators 4 kann in unterschiedlicher Weise vorgenommen werden:

Die elektrische Ansteuerung des Piezoaktuators 4 kann in jeder geeignete Weise erfolgen, so z. B. mit Sägezahnimpulsen (vgl. Fig. 5) oder auch z. B. mittels geeigneter Rechteckimpulse.

Bei einer Ansteuerung mit Sägezahnimpulsen, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, bewirkt die steile Flanke infolge einer hohen Beschleunigung des Piezoelementes 4 (welche geeignet sein muß, die Haftreibung zu überwinden) den Stellschritt, während bei der flachen Flanke infolge der niedrigen Beschleunigung (welche die Haftreibung nicht überwinden kann) kein Stellschritt auftritt.

In Fig. 5 ist unter der Darstellung des Verlaufs der Spannung ***U*** über der Zeit ***t*** auch die Auslenkung des Piezoelementes ***y*** ebenfalls über der Zeit ***t*** aufgetragen.

Im anfänglichen Bereich I ruft die relativ flache Flanke der Sägezahnspannung bei dem System, das anfänglich in Ruhe war, eine moderate Beschleunigung des Massenschwerpunkts der trägen Masse hervor, wobei die Beschleunigungskraft im allgemeinen unterhalb der Reibungskraft bleibt und damit keine Bewegung auftritt.

Im Bereich II schließt sich eine gegenläufige steile Flanke der Sägezahnspannung an, die durch die plötzliche starke Umpolung der elektrischen Spannung im Zusammenhang mit der bis dahin erreichten Auslenkung des Piezoelementes 4 mit den an diesem angebrachten trägen Massen 5, 6 zu einer großen stoßweisen Kraftwirkung auf das zu bewegende Element 2 führt. Die große Beschleunigung der trägen Masse wird aus der starken Krümmung der Wegkennlinie y(t) deutlich. Ab diesem Zeitpunkt setzt im allgemeinen dann die Gleitbewegung in der Reibfläche ein, wobei die verrichtete Reibarbeit dem schwingungsfähigen System mechanische Energie entzieht.

In der anschließenden Phase III nimmt die Schwingungsamplitude wieder deutlich ab und die träge Masse wird im Verlauf der sich anschließenden flachen Sägezahnflanke wieder allmählich verzögert und rückbeschleunigt.

Schließlich wird in Phase IV nach Erreichen der nächsten positiven Sägezahnspitze ein neuer Zyklus begonnen, sofern die Impulsfolge fortgesetzt wird.

Fig. 1 zeigt weiterhin, daß auf dem Boden 7 der Vertiefung 3 eine Öffnung 9 ausgebildet ist, deren Breite etwas größer als die Breite des Piezoaktuators 4 ist. Auf diese Weise kann der Piezoaktuator auf beiden Seiten des zu bewegenden Elementes 2 überstehen, ohne daß dadurch die Bewegungsfähigkeit des Elementes 2 beeinträchtigt wird.

Die Darstellung nach Fig. 2 zeigt im Prinzip eine fast gleiche Anordnung wie die aus Fig. 1, wobei hier jedoch das zu bewegende plattenförmige Element 2 mit einem Wegmeßsystem 10 gekoppelt ist.

In Abänderung zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform ist bei der Ausführungsform nach Fig. 2 an dem plattenförmigen Element 2 jedoch der piezoelektrische Aktuator 4 nicht mehr in der Mitte (bezüglich der Längserstreckung des Elementes 2 gesehen) angebracht, sondern in dessen in Bewegungsrichtung x vorne liegendem Bereich, und zwar derart, daß (wie Fig. 2 zeigt) sich der Piezoaktuator 4 etwa in der Mitte der Längserstreckung des Elementes 2 befindet, die außerhalb der Brücke 11 liegt.

Eine weitere Änderung gegenüber der Ausgestaltung nach Fig. 1 besteht auch darin, daß bei der Anordnung nach Fig. 1 nicht beidseits des plattenförmigen Elementes 2, sondern nur auf einer Seite desselben eine vorgespannte federnde Andrückeinrichtung gegen die dort liegende Seitenwand der Vertiefung 3 angebracht ist. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, handelt es sich dabei um einen seitlich an dem plattenförmigen Element 2 ausgebildeten Federsteg 15, der auf seiner zur zugewandten Seitenwand der Vertiefung 3 hier liegenden Seite mit einer verdickten Nase 16 versehen ist, die gegen diese Seitenwand federnd anliegt. Der Federsteg 15 wird dabei als eine dünne Seitenwand einer Durchbrechung in dem Element 2 gebildet, wie dies Fig. 2 zeigt.

Zusätzlich zu der Ausführungsform, wie sie in Verbindung mit Fig. 1 weiter oben bereits beschrieben wurde, ist hier auf der Unterlage 1 eine Brücke 11 mit einer Hallsonde 12 angebracht. Zudem ist auf der Oberseite des zu bewegenden Elementes 2 ein Dauermagnet 13 über eine geeignete Verbindung 14 befestigt. Mit dieser Meßanordnung kann die Relativbewegung zwischen dem Element 2 und der Unterlage 1 gemessen werden.

Zur Messung dieser Relativbewegung zwischen dem Element 2 und der Unterlage 1 können aber auch alle anderen, im optischen Präzisionsgerätebau für solche Relativbewegungen üblichen und bekannten Meßsysteme eingesetzt werden, wie z. B. numerische Meßsysteme o. ä. Der Einfachheit halber ist die elektrische Verbindung zwischen dem Ausgang U_M und der Meßanordnung sowie der Auswerteelektronik in Fig. 2 nicht dargestellt.

Die zwischen der Nase 16 und der Seitenwand der Vertiefung 3 wirkende Andruckkraft F_Q entsteht durch die elastische Verbiegung des Federstegs 15. Hierdurch können in ihrer Größe definiert festlegbare Reibungskräfte erzeugt werden (die natürlich zusätzlich zu den Reibungskräften auf der anderen Seite des plattenförmigen Elementes 2 mit der dort liegenden Seitenfläche der Unterlage 1 und auf dessen Unterseite mit dem Boden der Vertiefung 3, zumindest in den seitlichen Bereichen, in denen eine Auflage stattfindet, hinzutreten).

Selbstverständlich können mehrerer solcher federnden Andruckstellen über die Länge des Elementes 2 auf einer Seite desselben oder auch auf beiden Seiten vorgesehen werden, desgleichen auch anderer geeignete federnde Andruckeinrichtungen, die ein Einstellen der insgesamt durch den Piezoaktuator 4 zu überwindenden Reibungskräfte gestatten.

Fig. 3 zeigt eine teilweise geschnittene perspektivische Prinzipdarstellung einer weiteren Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verstellvorrichtung, die sich durch kleine und kompakte Größe, billige Herstellbarkeit und einem besonders ruhigen Lauf auszeichnet.

Hierbei ist die Unterlage 1 in Form eines im Querschnitt rechteckigen Hohlprofils (Führungsrohr) ausgeführt, das auch nach einer Seite (bei der zeichnerischen Darstellung nach Fig. 3: z. B. nach oben hin) offen sein und z. B. aus einem faserverstärkten Kunststoff bestehen kann.

Wie Fig. 3 zeigt, ist das zu verschiebende Element 2 in Form einer Platte ausgebildet, die dem Innenquerschnitt des Körpers bzw. der Unterlage 1 im wesentlichen angepaßt ist.

Dabei ist die vorgespannte Federeinrichtung, mit der sich das zu bewegende Element 2 an der Unterlage 1 abstützt, in Form von an zwei einander gegenüberliegenden Seiten am Außenumfang des plattenförmigen Elementes 2 angebrachten Federzungen 8 und 8' ausgebildet, die von einem sich jeweils über die Höhe dieser Seite erstreckenden Mittelstreifen 18 beidseits vorstehen, unter einer leichten Abwinkelung gegen die zugewandte Seitenfläche der Unterlage 1 geneigt verlaufen und sich dort an ihren freien Enden abstützen.

Das zu bewegende Element 2 weist eine Rundöffnung auf, z. B. zur Halterung einer Linse 19, beispielsweise mit einem Durchmesser von 15 mm.

Axial zu dem Element 2 um einen Abstand A versetzt ist ein zweites plattenförmiges Element 20 (aus Messing) mit gleicher Formgebung angebracht, das auf den Seiten, an denen sich bei dem plattenförmigen Element 2 die seitlichen Federzungen 8 befinden, keine Federzungen aufweist. Diese Seiten des Elements 20 befinden sich vielmehr nicht in Kontakt mit der zugewandten Seitenwand der Unterlage 1, sondern bilden zu dieser einen kleinen Spalt aus.

Die plattenförmigen Elemente 2 und 20 sind, wie dies Fig. 3 im einzelnen zeigt, an ihren den beiden zugewandten Seitenflächen der Unterlagen 1 benachbarten Endbereichen über zwei piezoelektrische Plattenaktuatoren 21 und 22 miteinander verbunden, wobei die Piezoaktuatoren 21 und 22 parallel zu den jeweiligen Seitenwänden der Unterlage 1 verlaufen und jeweils an ihren Endflächen in geeigneter Weise an den Elementen 2 bzw. 20 befestigt sind.

An der in Bewegungsrichtung vorne liegenden Fläche des plattenförmigen Elementes 2 ist ein Meßkopf 23 (z. B. eine Meßlichtschranke) angeordnet, der eine auf der zugewandten Bodenfläche 24 der Unterlage 1 in Verfahrrichtung der Anordnung angebrachte Codierung 25 (etwa in Form eines Strichcodes oder auch ein Maßband) abtasten kann.

Wie in Fig. 3 nur prinzipiell dargestellt, werden die elektrischen Impulse für die Piezoplatten 21, 22 von einer Regelelektrik 26 geliefert, die ihrerseits an eine mit dem Meßkopf 23 verbundenen Meßelektronik 35 angeschlossen ist, die das sinusförmige, vom Meßkopf gelieferte Wegmeßsignal triggert. Diese nur prinzipielle dargestellte Anordnung erlaubt es, z. B. eine durch ein nicht gezeigtes Gerät vorgebbare Sollposition für das zu verstellende Element 2 genau anzufahren.

In Fig. 4 ist schließlich ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Verstellvorrichtung in Form eines piezoelektrischen Linearantriebsmoduls gezeigt ist, der mit einem Wegmeßsystem gekoppelt. Zur Darstellung ist eine schräge Perspektive (mit einer Teilschnittdarstellung) gewählt.

Die Unterlage 1 ist hier plattenförmig ausgebildet und trägt, etwa mittig, eine Codierung 25 in Form eines Rastermaßstabs (z. B. mit einer Gitterkonstante von 20 µm).

Auf der Unterlage 1 ist eine im Querschnitt U-förmige Abdeckung 27 angebracht, die auf ihrer der Unterlage 1 gegenüberliegenden Seite von einem Längsschlitz 28 durchsetzt ist, der zu dem Codierstreifen 25 ausgerichtet verläuft.

Innerhalb des durch die Unterlage 1 und die Abdeckung 27 gebildeten geschlossenen Hohlquerschnitts ist ein zu bewegendes Element 2 vorgesehen, das über einen weiter unten noch näher zu beschreibenden piezoelektrischen Antrieb in Längsrichtung der Gesamtanordnung, also in Längsrichtung des Spaltes 28, verfahrbar ist. An der in Verfahrrichtung vorne liegenden Seite des Elementes 2 ist ein Meß- bzw. Lesekopf 23 zur Abtastung der Codierung 25 vorgesehen. Als ein solcher Meßkopf kann z. B. eine Reflexionslichtschranke oder ein optoelektronischer Sender und Empfänger eingesetzt werden.

Das Element 2 ist in seinem Querschnitt so ausgebildet, daß es im wesentlichen den freien Innenraum zwischen der Abdeckung 27 und der Unterlage 1 im Querschnitt ausfüllt und an seiner Oberseite mit einem in den Längsschlitz 28 hineinragenden und bevorzugt bis zur Außenoberfläche der entsprechenden Seite der Abdeckung 27 hin laufenden Blockvorsprung 29 versehen ist, in dem z. B. Innengewinde 30 zum Anschrauben irgendeines zu bewegenden Teiles außerhalb der gezeigten Gesamteinrichtung angebracht sind.

Wie aus der Darstellung der Fig. 4 ersichtlich ist, weist das den Verschiebekörper ausbildende Element 2 sowohl auf seiner dem Betrachter zugewandten Seite, wie auch auf seiner der Unterlage 1 zugewandten Seite Federelemente 8 bzw. 8' auf, die in Form von Federzungen ausgebildet sind, welche sich von einem Mittelstreifen 18 aus in Bewegungsrichtung und entgegen dieser erstrecken und jeweils über die entsprechende Vorder- bzw. Rückseite des Verschiebekörpers 2 überstehen. Diese Federzungen 8 bzw. 8' verlaufen dabei unter einem kleinen Winkel geneigt zu der zugewandten Anlagefläche (also zu dem betreffenden

Seitenschenkel der Abdeckung 27 bzw. zur Unterlage 1 hin), wo sie mit ihren Endbereichen unter federndem Andruck anliegen. Durch diese Anordnung der Federelemente 8 und 8' läßt sich eine vorzügliche spielfreie Verschiebelagerung des Verschiebekörpers 2 erreichen.

Der Antrieb des Verschiebekörpers 2 erfolgt über einen plattenförmigen Piezoaktuator 31, der auf der dem Meßkopf 25 gegenüberliegenden Seite des Verschiebekörpers 2 an diesem befestigt ist, parallel zur Unterlage 1 verläuft und an seinem freien Ende eine blockförmige Masse- bzw. einen Trägheitskörper 32 trägt, der seinerseits jedoch keine eigene federnde Abstützung gegenüber der Unterlage 1 bzw. den Seitenwänden der Abdeckung 27 aufweist (wie dies aus Fig. 4 auch entnehmbar ist), sondern frei am Ende des piezoelektrischen Aktuators 31 befestigt ist. Als Piezoaktuator 31 wird bevorzugt eine piezoelektrische Platte mit Ober- und Unterelektroden eingesetzt, bei deren Abmessungen die Länge z. B. 8 mm die Breite 16 mm und Dicke 0,5 mm betragen kann.

Der elektrische Piezoaktuator 31 und der Meßkopf 23 können über elektrische Verbindungen 33 angesteuert werden, die, wie Fig. 4 zeigt, auf der Oberseite des Verschiebekörpers 2 herausgeführt werden, und zwar in einem Spalt, der zwischen der einen Seite des Blockvorsprungs 29 und der zugewandten Seite des Längsschlitzes 28 ausgebildet ist.

Die Federzungen 8 und 8' sorgen für die gewünschte Reibkraft (was insbesondere bei einer Vertikalbewegung wichtig ist) und für eine spielfreie Führung des Verschiebekörpers innerhalb des von der Abdeckung 27 und der Unterlage 1 gebildeten Hohlraumes.

Die piezoelektrischen Linearantriebsmodule, wie sie in Fig. 3 oder in Fig. 4 dargestellt sind, eignen sich sehr gut zum Einsatz bei inkrementalen Wegmeßsystemen, wobei insbesondere auch die wegen der niedrigen Kosten für die Piezoplatte sehr preisgünstige Herstellung und die einfache konstruktive Lösung bemerkenswert sind. Beide Ausführungsformen arbeiten weitgehend lautlos, was ebenfalls einen großen Vorteil darstellt.

In Fig. 6 ist eine Prinzipdarstellung einer weiteren Verstellvorrichtung gezeigt, bei welcher der die Reibunterlage ausbildende Körper 1 als ein hülsenförmiges Rohr ausgebildet ist, wobei die Darstellung der Fig. 6 so vorgenommen ist, daß der hülsenförmige Körper 1 längs eines Durchmessers geschnitten ist, die darin befindliche Verstellvorrichtung jedoch nicht geschnitten dargestellt ist, wobei zudem alles in perspektivischer Darstellung erfolgt.

Als piezoelektrischer Aktuator ist hier ein scheibenförmiges Piezoelement 40 vorgesehen, das über (in Fig. 6 nur ganz schematisch eingezeichnete) Federelemente 41 sich auf der Innenfläche des hülsenförmigen Körpers 1 abstützt.

Das zu bewegende Element 2, welches bei der gezeigten Ausführungsform z. B. durch eine (dort nicht mehr dargestellte) Linsengruppe gebildet sein kann und seinerseits rohrförmig ausgebildet sowie konzentrisch innerhalb des hülsenförmigen Körpers 1 angeordnet ist, ist seinerseits über ein elastisches Koppelglied 42 mit den scheibenförmigen Piezoelement 40 zentral verbunden, wobei auf der gegenüberliegenden axialen Seite des Piezoelementes 40 an diesem noch eine Zusatzmasse 45 angebracht ist (die, wie im dargestellten Ausführungsbeispiel gezeigt, auch in einem Endabschnitt des rohrförmigen Körpers 2 bestehen kann, der durch den scheibenförmigen Piezoaktuator 40 hindurchgeführt ist und auf dessen gegenüberliegender Seite übersteht.

Zur Führung und Unterstützung des Körpers 2 bzw. der diesen ausbildenden Linsengruppe dient eine Führungsscheibe 43, die über ein oder mehrere Federelemente 44 radial außen sich gegenüber der Innenseite des hülsenförmigen Körpers 1 abstützt.

Der hier eingesetzte scheibenförmige Piezoaktuator 40 bewirkt eine translatorische Bewegung des Systems, das aus ihm, der Masse 45, dem elastischen Koppelglied 42, der angeschlossenen Linsengruppe 2 und der Führungsscheibe 43 sowie den Federelementen 41 und 44 besteht.

Die an den scheibenförmigen Piezoaktuator 40 angeschlossene Masse 45 weist eine Größe auf, die etwa 50% der Masse des scheibenförmigen Piezoaktuators 40 und des elastischen Kopfgliedes 42 entspricht.

Der scheibenförmige Piezoaktuator 40 wird, wie dies in Fig. 6 nur ganz prinzipiell dargestellt ist, über elektrische Anschlüsse 46 angesteuert, zwischen denen eine Spannung U_A anliegt, die in Form definierter positiver oder negativer Spannungsimpulse zu einer beschleunigten Verbiegung des scheibenförmigen Piezoaktuators 40 führt. Dabei erfolgt z. B. eine Verbiegung desselben in -x – Richtung, was infolge der Trägheit des scheibenförmigen Piezoaktuators 40 in Verbindung mit der Masse 45 und der Wirkung der Federelemente 41 eine Bewegung des Systems in +x – Richtung bewirkt. Bei einer Umpolung der Spannung wird in analoger Weise eine Bewegung der Linsengruppe 2 in Gegenrichtung erzeugt.

Patentanwälte
GEYER, FEHNERS & PARTN (G.b.R.)
European Patent Attorneys
MÜNCHEN – JENA

Büro München / *Munich Offices:* Perhamerstraße 31 · D-80687 München
Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · Telex: 5 218 915 gefe d · Telegramme: gefepat muenchen
Büro Jena / *Jena Offices:* Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (03641) 29150 · Telefax: (03641) 291521

CARL ZEISS JENA GmbH
(Pat 1250/81-99)

16. März 2000
A/11/mh

Patentansprüche

1. Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente (2) von optischen Systemen oder von Meßsystemen, wobei das zu verschiebende Element (2) auf einer Unterlage längs einer vorgegebenen Richtung (x) mittels einer piezoelektrischen Aktuatoranordnung (4, 5, 6; 21, 22; 31) bewegbar ist, die von dem Element (2) getragen wird und derart ausgebildet sowie ansteuerbar ist, daß sie zur Ausführung einer schrittweisen Bewegung des Elementes (2) auf der Unterlage (1) Stoßimpulse auf dieses ausübt, wobei das Element (2) in einem Körper (1; 27), der einen offenen oder einen geschlossen Hohlquerschnitt aufweist, angebracht ist und sich an diesem an mindestens einer Stelle unter Zwischenschaltung einer vorgespannten Federeinrichtung (8, 8'; 15, 16) reibschlüssig abstützt.

2. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Körper (1; 27) einen U-förmigen Querschnitt oder einen kreisförmigen Hohlquerschnitt aufweist.

3. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der das Element eine Platte (2) aufweist, deren Form dem Innenquerschnitt des Körpers (1; 27) im wesentlichen angepaßt ist und bei der die vorgespannte Federeinrichtung aus einem zumindest teilweise längs des Außenumfangs der Platte (2) verlaufenden Streifen (18) besteht, der seitlich bevorzugt über die Vorder- und die Rückseite der Platte (2) vorstehende, im Abstand zueinander angebrachte Federzungen (8, 8') aufweist, die vom Streifen (18) ausgehend in Richtung zu der zugeordneten Innenwand des Körpers (1; 27) schräg verlaufen und an dieser unter Federdruck anliegen.

4. Verstellvorrichtung nach Anspruch 3, bei welcher eine weitere, parallel zu dem zu verschiebenden Element (2) angeordnete zweite Platte (20) vorgesehen ist, deren Form ebenfalls im wesentlichen der Innenform des Hohlquerschnitts des Körpers (1) entspricht, die aber mit keiner Federeinrichtung versehen und mit dem zu verschiebenden Element (2) über einen rohrförmigen Piezoaktuator verbunden ist.

5. Verstellvorrichtung nach Anspruch 3, bei der in der Nähe der beiden Seiten (18), an denen die Federzungen (8) angebracht sind, jeweils ein sich parallel zur jeweiligen Seitenfläche des Körpers

(1) erstreckender piezoelektrischer Plattenaktuator (21, 22) mit jeweils einem seiner Enden befestigt ist, wobei die beiden freien Enden der beiden piezoelektrischen Plattenaktuatoren (21, 22) wiederum an einer parallel zu dem zu verschiebenden Element (2) liegenden zweiten Platte (20) befestigt sind, deren Form ebenfalls im wesentlichen der Innenform des Hohlquerschnitts des Körpers (1; 27) entspricht, die aber mit keiner Federeinrichtung versehen ist.

6. Verstellvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, bei der das Element in Form einer Platte (2) und/oder die zweite Platte (20) eine Aufnahme zur Halterung einer Linse (19) aufweisen.

7. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der an dem zu verschiebenden Element (2), bevorzugt an dessen in der vorgegebenen Richtung vorne oder hinten liegenden Abschlußfläche, ein Meßkopf (23) zum Abtasten eines Maßbandes (25), eines Strichcodes o. ä. angebracht ist.

8. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher der Körper aus einer Platte (2) besteht, auf deren beiden Plattenfläche jeweils ein sich im wesentlichen senkrecht zur jeweiligen Plattenfläche angeordneter plattenförmiger Piezoaktuator (4) befestigt ist, der bei Beaufschlagung mit seinem von der Platte (2) vorstehenden Ende in der gewünschten Bewegungsrichtung der Platte (2) auslenkbar ist.

9. Verstellvorrichtung nach Anspruch 8, bei der an den freien Enden der beiden Plattenaktuatoren (4) jeweils ein Massekörper (5, 6) befestigt ist.

10. Verstellvorrichtung nach Anspruch 9, bei welcher sowohl die beiden Plattenaktuatoren (4), wie auch die an ihren freien Enden angebrachten Massenkörper (5, 6) eine zur Längsmittelebene der Platte (2) symmetrische Anordnung aufweisen.

11. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei welcher die beiden Piezoaktuatoren von einem durch die Platte (2) hindurch geführten Plattenaktuator (4) gebildet werden.

12. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1, bei der das zu verschiebende Element (2) in wesentlichem rohrförmig ausgebildet ist, konzentrisch in dem ebenfalls rohrförmig ausgebildeten Körper (1) angeordnet ist und an seinem einen axialen Ende an einer radial vergrößerten Führungsscheibe (43) befestigt ist, die sich unter Zwischenschaltung mindestens eines Federelementes (44) auf der Innenfläche des rohrförmigen Körpers (1) abstützt, und wobei der piezoelektrische Aktuator als scheibenförmiger Piezoaktuator (40) ausgebildet ist, der sich seinerseits unter Zwischenschaltung mindestens eines Federelementes (41) auf der Innenfläche des rohrförmigen Körpers (1) abstützt.

13. Verstellvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der scheibenförmige Piezoaktuator (40) auf seiner einen Seite axial über ein elastisches rohrförmiges Koppelglied (42) an das zu verschiebende Element (2) angeschlossen ist.

14. Verstellvorrichtung nach Anspruch 13, bei welcher der scheibenförmige Piezoaktuator (40) auf seiner dem zu bewegenden Element (2) gegenüberliegenden Seite eine konzentrisch an ihm angeordnete Masse (45) trägt.

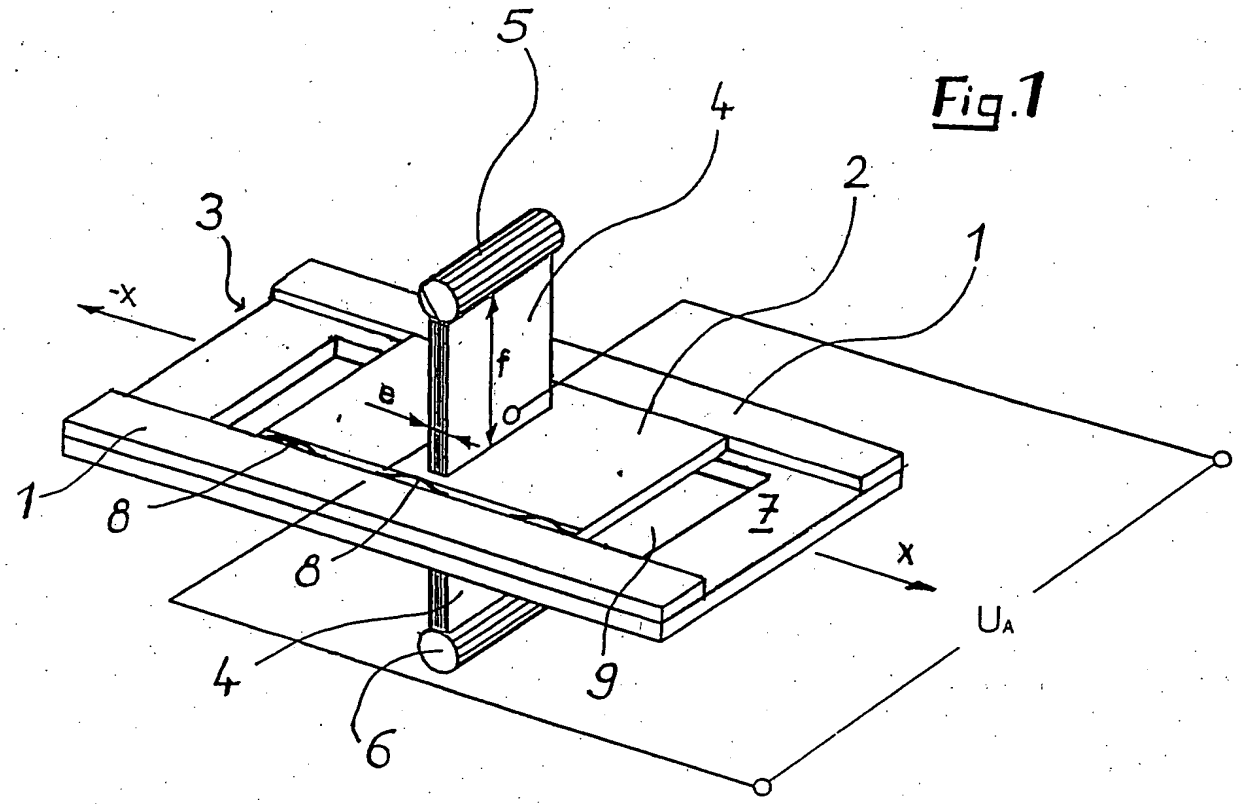


Fig.1

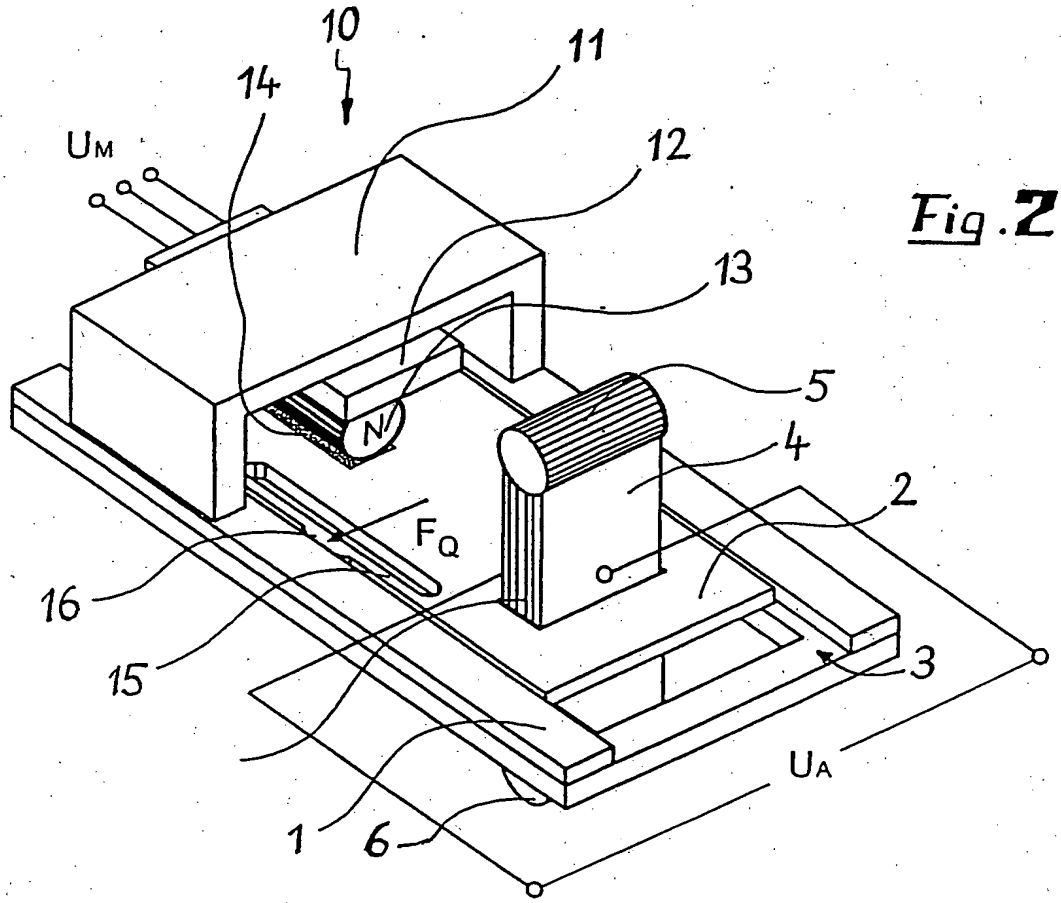


Fig.2

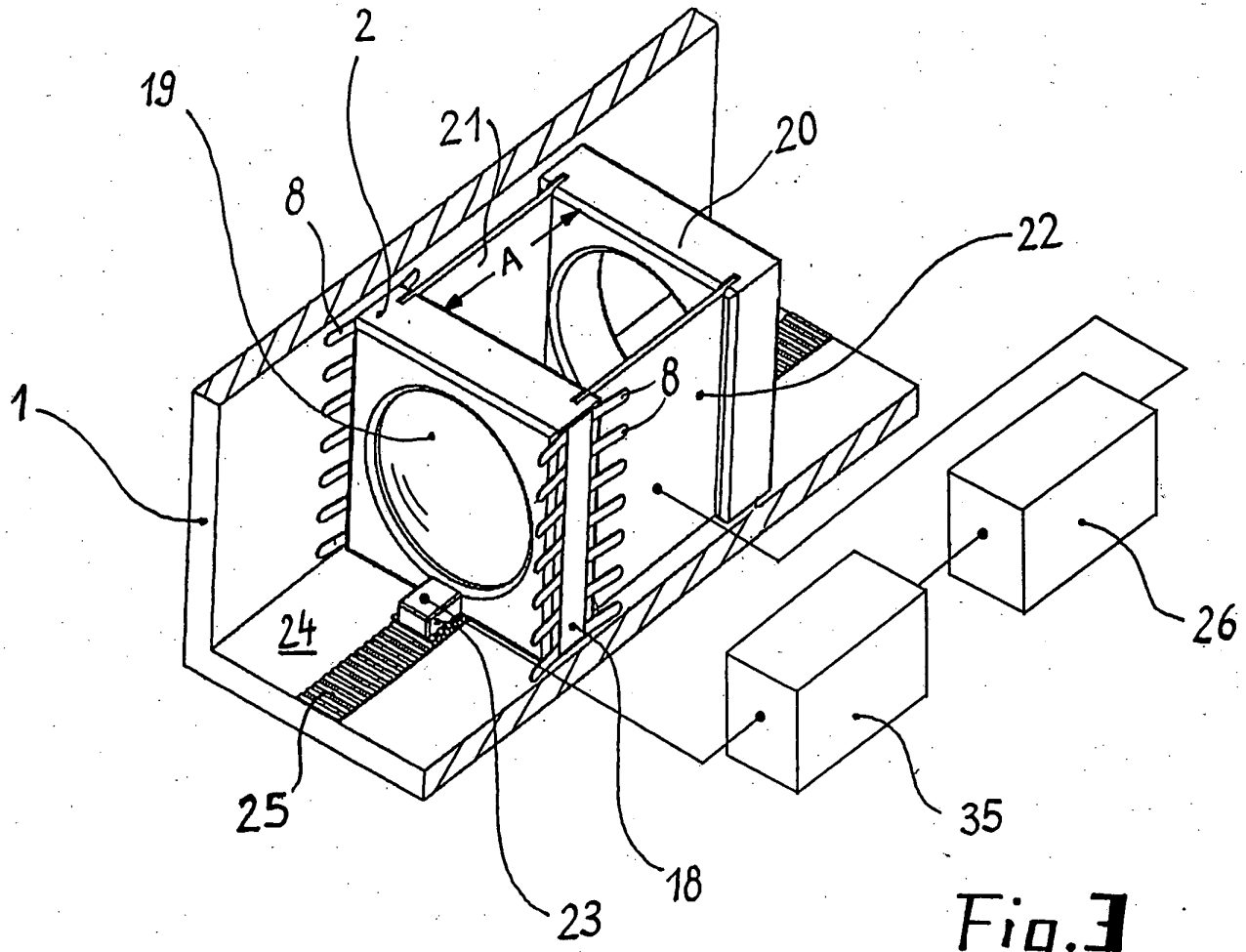


Fig.3

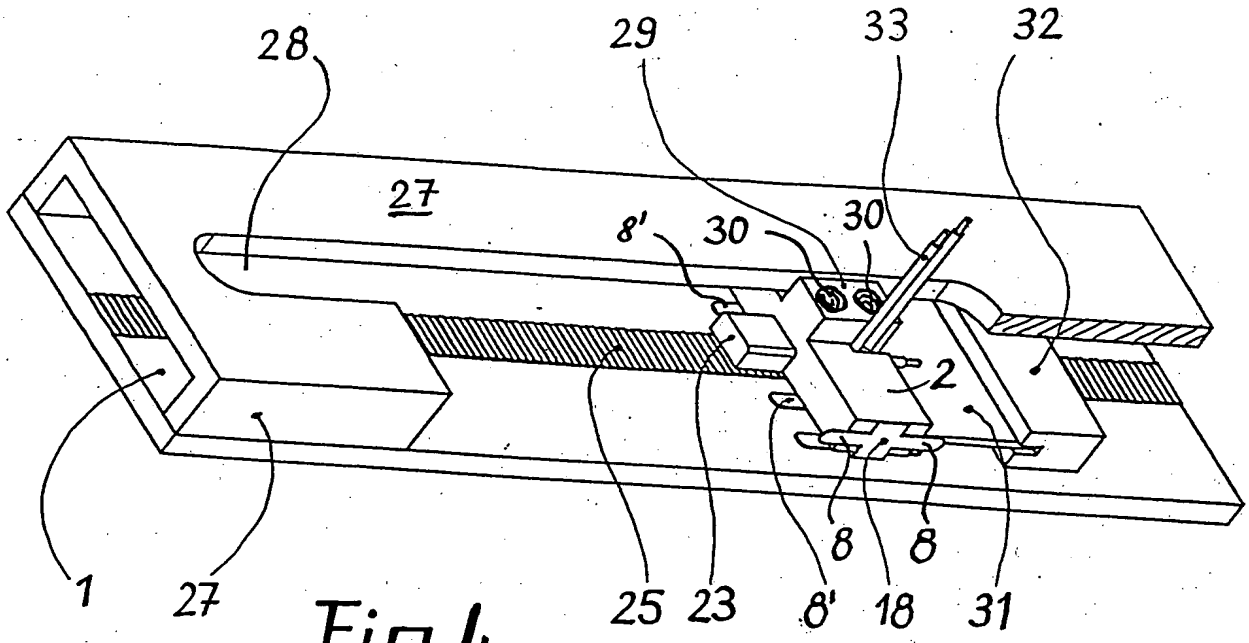


Fig.4

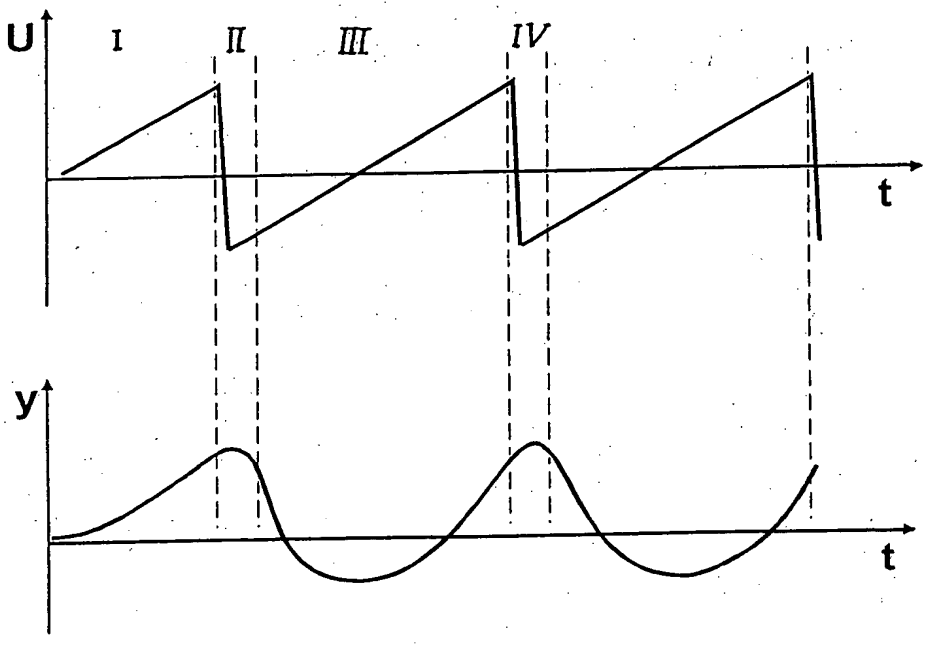


Fig.5

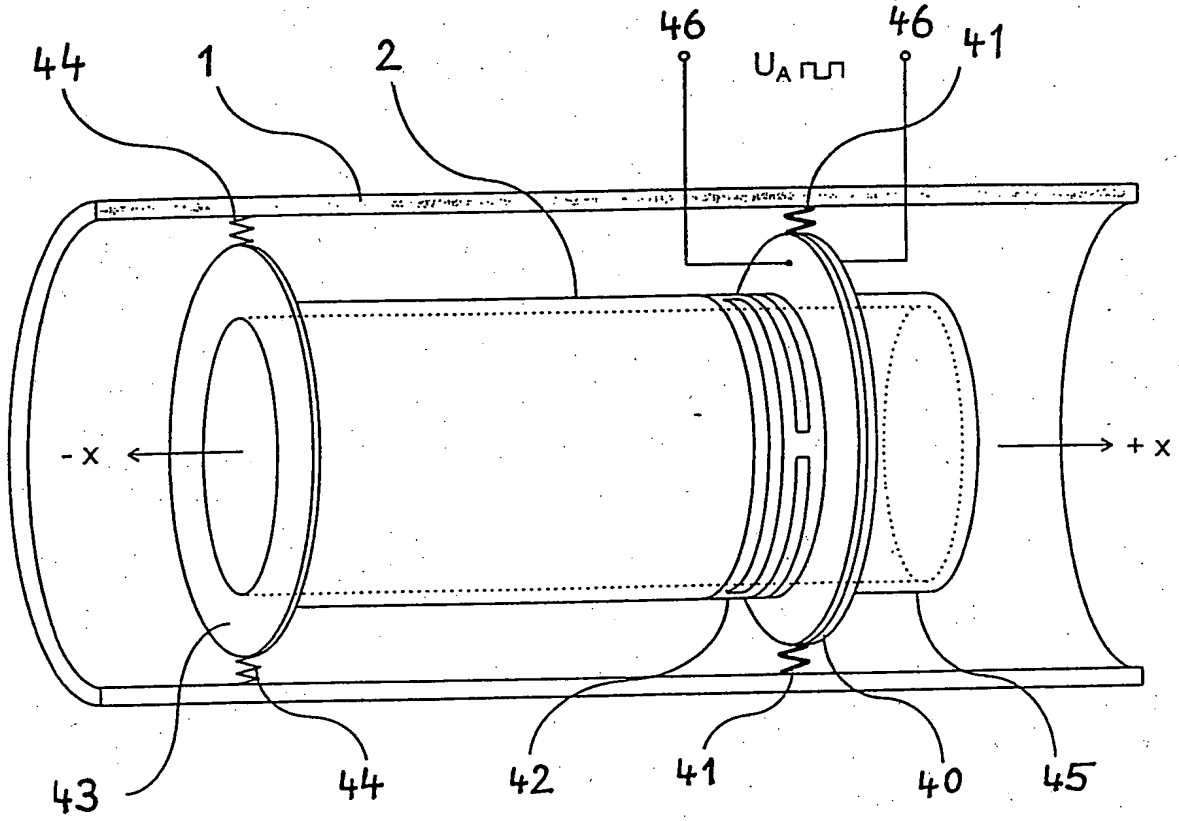


Fig.6

Patentanwälte
GE[illegible], FEHNERS & PARTNER (G.b
European Patent Attorneys
MÜNCHEN – JENA

Büro München / *Munich Offices:* Perhamerstraße 31 · D-80687 München
Telefon: (089) 5 46 15 20 · Telefax: (089) 5 46 03 92 · Telex: 5 218 915 gefe d · Telegramme: gefepat muenchen
Büro Jena / *Jena Offices:* Sellierstraße 1 · D-07745 Jena · Telefon: (0 36 41) 2 91 50 · Telefax: (0 36 41) 29 15 21

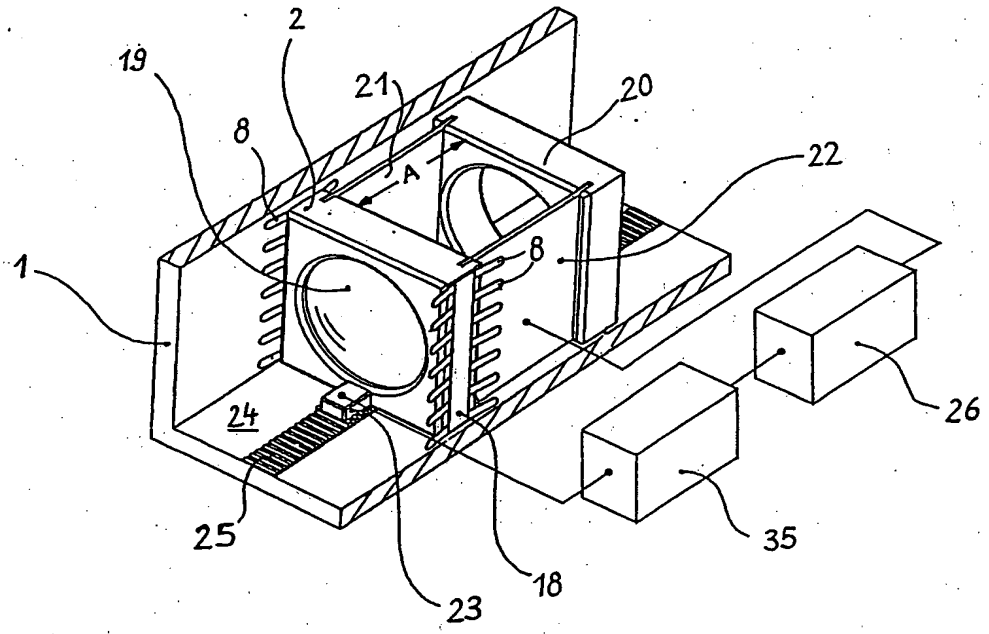
CARL ZEISS JENA GmbH
(Pat 1250/81-99)

16. März 2000
A/11/mh

Zusammenfassung

Bei einer Verstellvorrichtung zum Verschieben einzelner Elemente (2) von optischen Systemen oder von Meßsystemen, bei der das zu verschiebende Element auf einer Unterlage (1) längs einer vorgegebenen Richtung (x) mittels einer piezoelektrischen Aktuatoranordnung (21, 22) bewegbar ist, die von dem Element (2) getragen wird und derart ausgebildet sowie ansteuerbar ist, daß sie zur Ausführung einer schrittweisen Bewegung des Elementes (2) auf der Unterlage (1) Stoßimpulse auf diese ausübt, ist das Element (2) in einem Körper (1; 27) angebracht, der einen offen oder einen geschlossenen Hohlquerschnitt aufweist, und stützt sich an diesem an mindestens einer Stelle unter Zwischenschaltung einer vorgespannten Federeinrichtung (8, 8') reibschlüssig ab.

(Fig. 3)


19
2
21
20
8
A
22
1
8
24
26
25
35
23
18